

自由視点映像生成技術による 5Gネットワーク映像ソリューション

5G Network Video Solution with Free-viewpoint Image Rendering Technology

● 鶴田 徹 ● 山田 亜紀子 ● 都市 雅彦 ● 椎崎 耕太郎

あらまし

ネットワークを利用したサービスやアプリケーションが当たり前に使われるようになり、実世界をデジタルの世界でエンパワーメントするCyber-Physical Systemの実現に向けた取り組みが進んでいる。5G(第5世代移動通信システム)が普及する時代の到来により、この動きがますます加速することが予想される。実世界の状況を瞬時にデジタル化して処理・分析し、結果をタイムリーにフィードバックし、今までにないリッチな情報を瞬時にかつ多数の人・サービスの間でやり取りすることで、新たな体験が人々にもたらされるであろう。

本稿では、まず5Gネットワークの概要や関連する取り組みについて概観する。次に、新しいスポーツ観戦スタイルを提供するために、高い臨場感のある映像を作り出す富士通研究所の自由視点映像生成技術における5Gネットワーク活用への期待を述べる。

Abstract

Network-based services and applications have become an everyday feature in the world today, and there are continuing efforts to realize cyber-physical systems that allow the digital world to empower the real world. As the fifth generation mobile communication system (5G) becomes widely used, this trend is expected to gain even more impetus. People will have new experiences when it becomes a reality that the states of the real world are digitized instantly, the data is processed, analyzed and the results is fed back timely and richer-than-ever information is communicated instantaneously between large numbers of people and services. This paper will present an overview of 5G networks and several relevant projects. It also will describe what can be expected from leveraging 5G networks in Fujitsu Laboratories' free-viewpoint image rendering technology that enables highly realistic images in order to offer a new sports spectating style.

ま え が き

CPS（Cyber-Physical Systems）による実世界活動のエンパワーメントは、IoTやAI（人工知能）技術の進展に伴って様々な形で進んでいる。

例えば、製造工場を可能な限りデジタル化し最適化・自動化を図るスマートファクトリーの実現や、リアルな道路状況を瞬時に捉え自動運転を実現する各社の取り組みが進展しつつある。5G（第5世代移動通信システム）ネットワークが普及することで、更に大量のデータを無線で瞬時に流通させることができるようになるため、CPSによって新たな価値をもたらす動きは更に加速すると予想される。

本稿では、まず5Gネットワークの概要や関連する取り組みについて概観する。次に、高度な体験・情報伝達を可能とする技術の一つである富士通研究所の自由視点映像生成技術について解説するとともに、この技術の観点から見た5Gネットワーク映像ソリューションへの期待について述べる。

映像など大量データの流通に期待される5Gネットワークの概要

5Gとは、国際的な無線通信規格の標準化プロジェクトである3GPP（3rd Generation Partnership Project）⁽¹⁾において策定されている、第5世代移動

通信システムの規格である。5Gネットワークの主な特長^{(2), (3)}を以下に挙げる。

- (1) 10 Gbps超の高速通信
- (2) 無線通信区間で1 ms以下の低遅延
- (3) 一つの基地局あたり10,000個超の多端末接続
- (4) 時速500 kmの移動に対応

こうした高性能な5Gネットワークによって、無線においても大容量・高品質な通信が実現できる。

これらの特長を活かして、コネクテッドカー、自動運転、トラック隊列走行などのV2X（Vehicle to everything）、建設重機の遠隔操作、製造ラインの組み換え、遠隔医療、VR（Virtual Reality）を用いたスタジアムでのスポーツ観戦、映像技術などの様々な領域への5Gネットワーク技術適用が検討され、実証実験が活発に行われている。5Gネットワークの実証実験対象分野を図-1に示す。

特に映像技術は、VR、AR（Augmented Reality）、MR（Mixed Reality）や、自由視点映像といった領域において、大容量、低遅延、多端末接続といった5Gネットワークならではの利点を最大限に発揮できると期待されている。

● サービス開始時期

5Gは3GPPにおいて段階的に仕様が策定され、それに沿って製品開発が行われ、展開されていく。日本における5Gの大まかなスケジュールとして

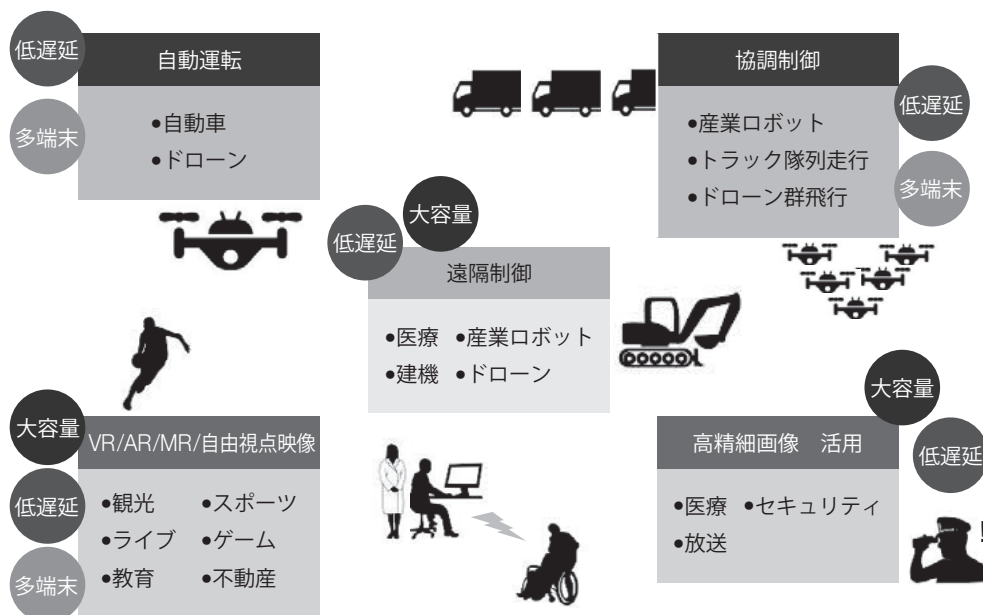


図-1 5Gネットワーク実証実験の対象分野

は、既存の4Gのアーキテクチャーを利活用する初期仕様によるサービスが2020年から開始される予定である。

● 高周波帯利用による留意点とサービス展開イメージ

日本において、5Gネットワークの利用が想定されている電波の周波数帯は4 GHz帯、4.5 GHz帯、28 GHz帯（ミリ波帯）である。大容量化を実現するためには、高周波数帯、特に周波数リソースの余裕があり伝送容量を大きくできるミリ波帯の活用が期待されている。しかし、これまでと違う高周波数帯を用いることに対して、以下の2点を考慮する必要がある。

(1) 電波が減衰しやすい

高周波数帯の電波は届く距離が短いため、一つの基地局がカバーできるエリアは4G以前に比べて狭くなる。したがって、5Gネットワークで4Gと同じカバーエリアを確保するためには、基地局をより高密度に配置する必要がある。

(2) 電波が回折しにくい（直進性）

高周波数帯の電波は、障害物を回り込んで電波が届く回折現象が起きにくいいため、通信経路上に遮蔽物があると通信できない。例えば、屋外に基地局を設置しても、その電波を室内では受信できないなどの問題がある。

このように、電波の直進性から、基地局と端末がお互いに見通せる位置にあるケースが5Gネットワークに適している。カバーエリアが狭いことを併せて考えると、まずはスタジアムやイベントホールといった特定の部屋など、見通しが良く、かつデータトラフィックの多い空間で提供されるサービスと組み合わせて利用するシナリオが想定される。

その後、5Gネットワークのサービスが普及するとともに、5Gに対応した端末や基地局が増加することによって、エリアを面でカバーできるようになっていくと考えられる。エリアを面でカバーする際には、5G基地局の設置密度が高くなることから、近接した多数の基地局間での干渉と、それに伴う通信品質の低下が問題となる。これに対して、富士通研究所はビームフォーミングや分散アンテナを使った協調スケジューリングなどのように干渉を制御する技術などを活用して、誰もがどこにおいても5Gネットワークのメリットを享受できるようにする取り組みを行っている。

5Gネットワーク展開エリアと要求条件に対応するユースケースについて、マッピングしたものを図-2に示す。現在の取り組みの多くは、特定の空間で大容量・低遅延の特長を活かすものである。5Gネットワークが利用可能なエリアの拡大とともに

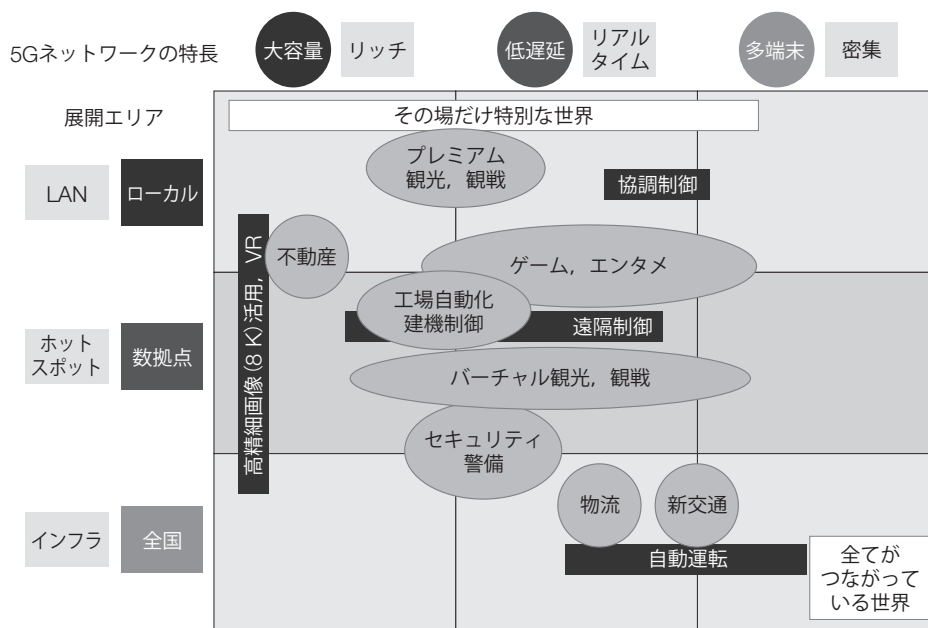


図-2 5Gネットワーク展開エリアによる提供サービス

に様々なサービスが広がっていき、いずれは日本全国で5Gネットワークを活用した自動運転車の走行も可能となるであろう。

● 大容量・低遅延を活用した映像技術によるCPS実現への期待

高精細な映像を分析する技術は、実世界を丸ごとデジタル情報として捉えるための有効な手段である。また映像のようなリッチコンテンツは、多量の情報を一度に伝えるためにも有効である。更に、ネットワークを介することで様々な場所で捉えられた情報を価値に変換し、別の場所に届けることが可能となる。

こうした大容量のデータを広域で扱う場合は、安定した通信を確保できる有線ネットワークの利用が一般的である。しかし、無線と比べると機器の設置や構成変更におけるフレキシビリティが低いため、CPS導入のハードルを上げる一因となっている。したがって、大容量通信でありながら無線で構成できる5Gネットワークにより、実世界とデジタル世界がスムーズに橋渡しされるようになると期待される。

ネットワークの発展に伴い、音声、文字（メール）、写真、動画といったコンテンツのスムーズなやり取りが当たり前になってきたが、更に、その先に実現される、5Gネットワークを活用してリッ

ちなコンテンツを提供することで新たな体験が可能な技術の一つとして、自由視点映像生成技術が挙げられる。⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾ 本技術によってこれまでのスポーツ観戦ではあり得なかった楽しみ方や、カメラが入ることが不可能だった場所の観測ができるなど、新たな価値提供の可能性が広がるものと期待されている。

富士通研究所では、スポーツ映像コンテンツの付加価値を高め、新しいスポーツ観戦スタイルを提供するために、高い臨場感のある映像を作り出す自由視点映像生成技術の研究開発を行っている。⁽⁷⁾

次章以降では、富士通研究所の自由視点映像生成技術と5Gネットワーク活用への期待について詳述する。

自由視点映像生成技術

自由視点映像生成技術では、新しいスポーツ観戦スタイルとして、ユーザーの視点が実世界を自由自在に飛び回るかのごとく感じられる、あたかも選手としてプレーしているかのような疑似体験ができるなど、多様な魅力ある映像コンテンツサービスの実現を目指している。その映像の処理プロセスとネットワークの関係を図-3に示す。

自由視点映像生成システムでは、実世界のスタジアムやアリーナの観客席後方や壁面部に、フィー

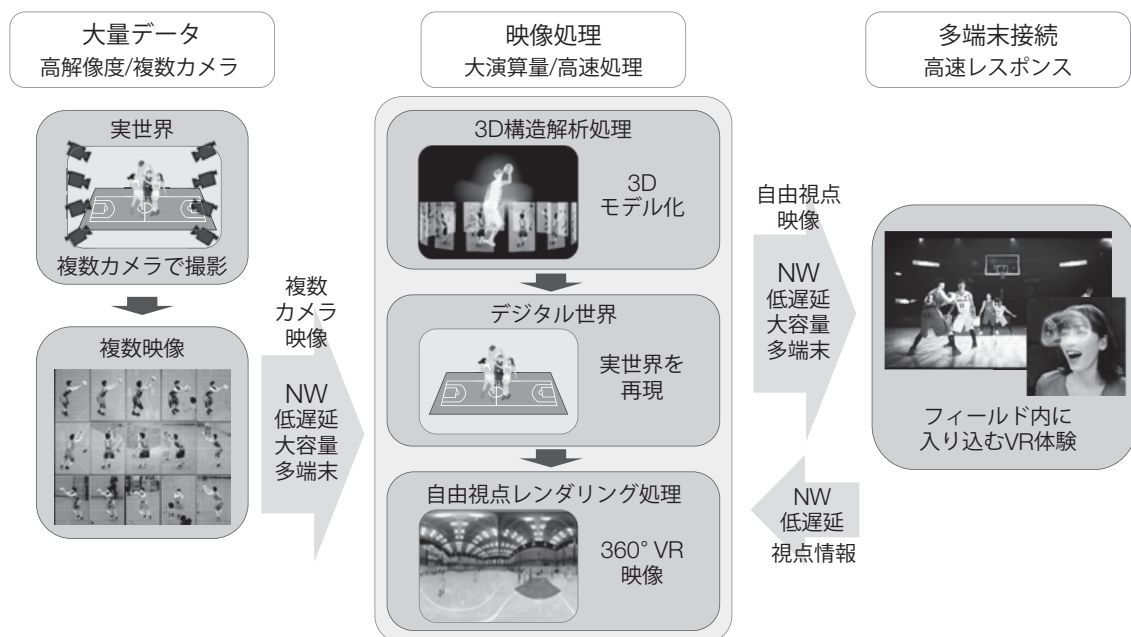


図-3 自由視点映像生成プロセスとネットワークの関係

ルドを取り囲むように複数のカメラを配置する。こうして複数カメラで撮影し映像を解析（3D構造解析処理）することで、時々刻々と変化するフィールド内の選手・ボールなどの姿形をデジタル世界に再現する。デジタル世界では、上下左右のあらゆる位置からの映像を生成（自由視点レンダリング処理）でき、それらに画角の制約がないため、360° VR映像の生成も可能となる。

● 複数カメラ撮影システム要件

自由視点映像生成システムの映像品質に大きな影響を与えるのは、前述した3D構造解析処理である。比較的安定して精密な形状を求められる視体積交差法^{(8),(9)}をベースに適用している。これによって、複数のアングルから得られた被写体のシルエットを用いて3D構造を獲得する。動きのあるスポーツを対象とする場合、動いている被写体の一瞬を複数のカメラ映像で捉えていることが前提となる。これを実現する複数カメラ撮影システムの要件を表-1に示す。

動いている被写体の一瞬を捉えるためには、複数カメラの各フレームを同時に撮影するとともに、各カメラの1フレーム内の全画素も全て同時に撮影する必要がある。これを実現するために、複数カメラ間は周波数同期（フレームレートが一致）するだけでなく、位相同期（シャッタータイミングが一致）すること、シャッター方式はグローバルシャッターを選定することが必須となる。

そのほかのレンズ・カメラ設置位置・解像度・フレームレートなどの条件も、3D構造解析処理が成立するために必須であり、自由視点映像の品質を大きく左右する条件である。

● 試作システム構成検討

自由視点映像生成技術の実現に向け、複数カメラ撮影システムの構築を検討した。

本システムに用いるカメラは、産業用マシンビジョンカメラから選定することとした。マシンビジョンは、工場ラインにおける製品の外観検査などの映像解析を主目的としている。それに加えて、カメラの仕様には高感度・高解像度・高フレームレート・グローバルシャッターが求められる。また、計測用途ではステレオビジョンなどの複数カメラ同期が必須である点なども含め、自由視点映像生成の要件に合致する部分が多い。そこで、カメラの選定も容易であることから、マシンビジョン向けのインターフェース標準規格（表-2）の中から候補を検討し、表-1の要件を満たすCamera Linkを採用した。

また、自由視点映像生成技術を実現するためには、非常に広大なスタジアムやアリーナをカバーする複数カメラ撮影システムの構築が課題となる。図-3に示すように、複数カメラ映像を高品質のまま（画像が劣化する圧縮は不可）低遅延で接続できるネットワークを経由して映像処理を行う必要がある。バスケットボールのフィールドは、縦28 m、横15 m、サッカーのフィールドであればタッチラインが最長120 m、ゴールラインが最長90 mと広大であるのに対して、Camera Linkのケーブル長は最長で15 mという点がシステム構築の妨げとなる。

そこで解決策として、図-4に示すシステム構成を採用することとした。Camera Linkの特長である複数カメラ同期などのシステムアーキテクチャーを活かしながら伝送距離を伸ばす施策として、Camera Linkを光ファイバーケーブルで中継

表-1 複数カメラ撮影システム要件

項目		仕様
カメラ単体	画像データ伝送速度	解像度：4 K (3,840×2,160) 以上 フレームレート：30 fps以上 ⇒RAW画像：250 Mバイト/秒以上
	シャッター方式	グローバルシャッター (全画素同時露光一括読み出し)
	レンズ	固定焦点（ズームなし） レンズ歪情報の取得必須
	カメラ設置条件	固定設置（パン・チルトなし） カメラ設置位置・角度のキャリブレーション必須
システム	複数カメラ同期	周波数同期（フレームレート） 位相同期（シャッタータイミング一致）

表-2 代表的なマシンビジョン用カメラインターフェース

項目	Camera Link*	GigE Vision*
最大伝送速度	850 Mバイト/秒	230 Mバイト/秒
受信デバイス	フレームグラバー (画像入力ボード)	PC直接 (LANポート)
ケーブル	専用ケーブル ・銅線：最長15 m	イーサネット通信規格 ・銅線：最長100 m ・光ファイバー：最長5,000 m
カメラの外部トリガ機能	フレームグラバーからの直接接続	カメラへの直接接続, IEEE1588も利用可能
データ伝送形式	パラレル	パケット
接続形態	1対1	1対1, ネットワーク

参考文献⁽¹⁰⁾を基に作成
※いずれも後継規格あり (Camera Link HS, 10GigE Vision)

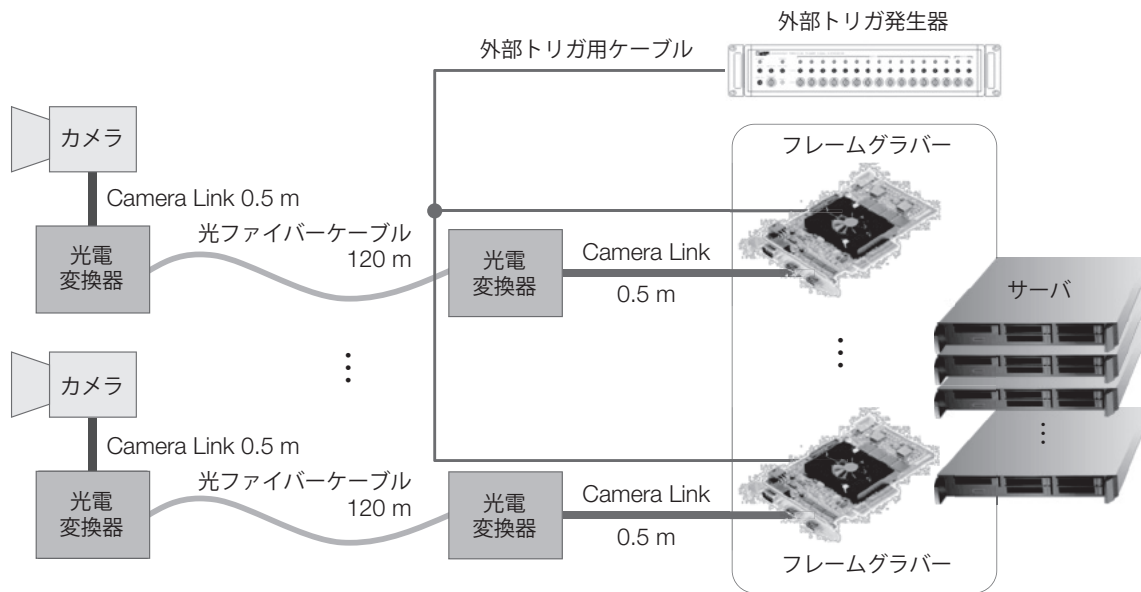


図-4 複数カメラ撮影システムの構成

する構成とした。この構成で撮影した画像を用いて3D構造解析処理を行い、自由視点レンダリング処理で生成した360° VR画像を図-3に示している。

**自由視点映像生成技術による
5Gネットワーク映像ソリューション**

5Gネットワークの特長は、先に述べたとおり大容量・低遅延・多端末接続である。この三つの特長全てを活かせるのが、スタジアムやアリーナにおいて自由視点映像生成技術を活用した5Gネットワーク映像ソリューションである。

本ソリューションは、スポーツ観戦においてユーザーの好みで異なる視点での映像コンテンツをその場で楽しむことを想定している。例えば、得点が入った後に、ユーザーが応援するチームの選手・コーチなどの様々な視点で、得点シーンを振り返

ることが可能となる。その処理の流れは、ユーザーの端末から視点情報のリクエストを受けた後、自由視点レンダリング処理で自由視点映像を生成し、ユーザーへ所望の映像を配信する。

この映像配信のレスポンスタイムを短くすることが、サービス品質にとって重要である。ユーザーの端末と自由視点レンダリング処理を5Gネットワークで接続できれば、5Gネットワークのuplink (基地局への上り回線) の低遅延・多端末接続, downlink (基地局からの下り回線) の大容量・低遅延・多端末接続といった5Gネットワークの特長を大いに活かすことができる。このように、サービス運用面で5Gネットワークに対する期待は大きい。

更に、サービス構築面での期待も大きい。前述したように、複数カメラによる撮影システムが大

規模化すると、カメラインターフェースの問題や
施設工事の複雑度など、有線ネットワークにおい
てもサービス構築の難易度が高くなる。これを解
決する案が、複数カメラと3D構造解析処理との間
を5Gネットワークで接続することである。ただし、
5Gネットワークのuplinkの大容量が担保され、5G
ネットワーク上で複数カメラが同期できることが
成立条件となる。この条件が成立するならば、ス
ポーツへの応用だけでなく、産業用マシンビジョ
ンの領域においても、5Gネットワークの適用先の
拡大が見込まれると考えている。

む す び

本稿では、5Gネットワークの概要や関連する富
士通研究所の取り組みについて概観した。また、
新しいスポーツ観戦スタイルを提供するために、
高い臨場感のある映像を作り出す自由視点映像生
成技術のうち、特にシステム構築面での取り組み
を述べ、5Gネットワークの活用先として有望であ
ることを示した。今後、5Gネットワークの実用化
に合わせて、システム面での検証を進めていく。

参考文献

- (1) 3GPP TR 38.913 V14.2.0: "Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies," Mar. 2017.
- (2) NTTドコモ: 5Gのサービスと要求条件.
<https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/tech/5g/5g01/02/02.html>
- (3) 5GMF: 5GMF White Paper 5G Mobile Communications Systems for 2020 and beyond.
https://5gmf.jp/wp/wp-content/uploads/2017/10/5GMF-White-Paper-v1_1-All.pdf
- (4) KDDI: au BLUE CHALLENGE — au Future Stadium.
<https://www.au.com/pr/soccer/>
- (5) Intel: インテルfreeDテクノロジー.
<https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/sports/technology/intel-freed-360-replay-technology.html>
- (6) 4DReplay.
<http://4dreplay.com/>
- (7) 石井大祐ほか: 「夢のアリーナ」を実現する映像解析技術. FUJITSU, Vol.69, No.2, p.21-28 (2018).

<http://www.fujitsu.com/jp/documents/about/resources/publications/magazine/backnumber/vol69-2/paper08.pdf>

- (8) T. Kanade et al.: Virtualized Reality: Constructing Time-Varying Virtual Worlds From Real World Events. Proc. of IEEE Visualization, p.277-283, Oct. 1997.

<http://jglobal.jst.go.jp/public/200902110571477183>

- (9) W. Matusik et al.: Image Based Visual Hulls. ACM SIGGRAPH2000, p.369-374, 2000.

<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=344951>

- (10) JIIA, AIA, EMVA: マシンビジョン用インターフェース標準規格.

<http://jiiia.org/wp-content/themes/jiiia/pdf/fsf.pdf>

著者紹介



鶴田 徹 (つるた とおる)

(株) 富士通研究所
デジタル共創プロジェクト
画像処理・画像認識技術およびITSを
含む画像応用システムの研究開発に
従事。



山田 亜紀子 (やまだ あきこ)

(株) 富士通研究所
デジタル共創プロジェクト
5Gネットワーク普及を見据えたデジ
タルビジネス創出活動に従事。



都市 雅彦 (といち まさひこ)

(株) 富士通研究所
デジタル共創プロジェクト
画像処理および三次元空間認識に関
する研究開発に従事。



椎崎 耕太郎 (しいざき こうたろう)

(株) 富士通研究所
デジタル共創プロジェクト
5Gネットワーク、特に無線物理層に
関する研究開発に従事。